



中华医学会核医学分会
技术与继续教育学组

中华医学会核医学分会第十一届委员会 技术与继续教育学组

中国医学装备协会核医学专委会
2019年年会 特邀专家讲座

SPECT国家质量控制检测规范解读

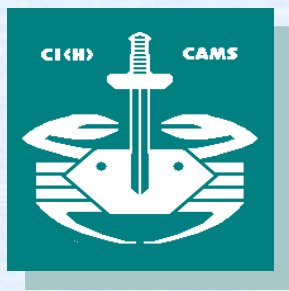
专家姓名 陈盛祖

专家单位 中国医学科学院肿瘤医院



- 中国医学科学院二级教授、肿瘤医院核医学科博士生导师
- 现任北京市卫生局核医学质量控制与改进中心名誉主任委员
- 曾任中华医学会核医学分会主任委员，中国核学会核医学分会常务理事、中国医学装备协会核医学装备专业委员会主任委员
- 享受国务院政府特殊津贴

SPECT国家质量控制检测规范解读



陈盛祖

中国医学科学院肿瘤医院

2019年7月21日, 苏州

内容提要

- 检测标准概况
- 检测标准检测项目
- 检测前的准备工作
- 均匀性检测注意事项
- 空间分辨力和线性检测注意事项

核医学质控检测组织和标准

- **National Electrical Manufacturers Association**
NEMA (NU-2 1994, 2001, 2007 , 2012, 2017)
- **International Electro-technical Commission (IEC)**
- **International Atomic Energy Agency (IAEA)**
- **National Standard Committee**

中华人民共和国卫生行业标准 WS/T xxx-xxx

单光子发射断层成像设备 (SPECT) 质量控制检测规范

Specification of Quality Control for Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)

起草人:安晶刚、耿建华等 主审:陈盛祖

报审日期:2011-08-02, 2018-9复审报批, 现已批准实行

检测标准的适用范围

- 验收检测 (Acceptance Test)
- 状态检测 (Status Test)
- 稳定性检测 (Consistency Test)

核医学设备性能检测



中华医学会核医学分会
技术与继续教育学组

- **验收检测：有资质机构（CDC、贝特莱博瑞、建安 公司）**
检测单位
设备厂家
使用单位
- **状态检测：有资质机构（CDC、贝特莱博瑞、建安公司）**
检测单位
使用单位
- **稳定性检测：使用单位检测**

验收检测

- **验收检测时间:** 机器安装完成后, 保修期到期后, 机器大修大调后
- **验收检测的目的:** 检测各项指标是否达到出厂要求
- **验收检测数据的保存:** 验收检测数据是机器最原始, 最重要的初始档案资料, 是最早的本底指标
- **验收检测负责人:** 核医学物理师, 科主任
- **验收检测单位:** 具有设备检测资质的的第三方

状态检测

- **状态检测时间**: 机期使用一定时间后, 一般为1-2年
- **状态检测的目的**: 检测机器所有性能指标是否符合使用要求, 一般是与验收检测对比
- **状态检测的性质**: 状态检测属强制性检测, 属年检项目
- **状态检测负责人**: 核医学物理师, 科主任
- **状态检测单位**: 具有设备检测资质的第三方

稳定性检测

- **稳定性检测时间:**稳定性检测是常规质控的总结, 可在一年内任何时间进行, 但每年至少检测一次
- **稳定性检测目的:**系统检测机器常规质控是否达到有效要求, 稳定性检测的项目和频率比验收和状态检测少, 更接近临床
- **稳定性检测负责人:** 医院工程师或技师
- **稳定性检测单位:** 医疗机构自行负责
- **稳定性检测性质:** 稳定性检测受卫生监督所监管

SPECT稳定性检测规范 (国标)

项目名称	应检	选检	检测周期	合格值
本底测量	√		每天	<2K/min
能量分辨	√		每天	<12%
固有均匀性	√		每周	<4.5%
固有空间分辨力	√		半年	<6.0mm
计数率特性		√	半年	
平面源灵敏度	√		半年	60 S ⁻¹ MBq ⁻¹
旋转中心		√	半年	

标准解读的几个要点

- 检测前需要的注意事项
- 检测模体及检测放射源
- 视野的意义，为什么要设中心视野？
- 积分均匀性和微分 均匀性，那个最重要？
- 空间分辨力检测为什么要用线槽模型
- 最大计数率测定与点源活度有什么关系

本底检测 (每天)

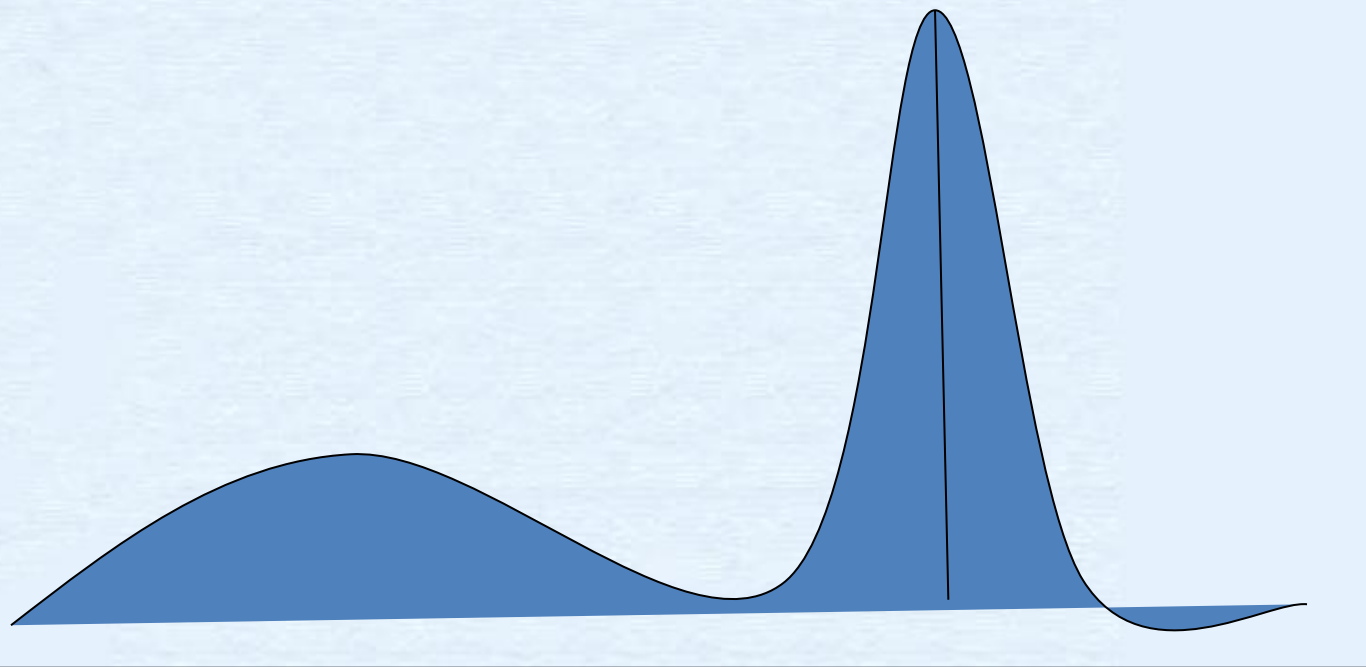
- 目的：考查机器使用前的工作状态，有无污染
- 条件：开机，机器正常工作状态
- 采集：带准直器，任何矩阵，采集1分钟
- 结果：采集3次，取平均，以计数/分表示
- 合格：计数/分 $<2k$

能谱检测

- 目的：测定能量分辨力和能谱漂移
- 条件：机器带准直器，点源置探头下方
- 采集：静态采集，条件不限
- 结果：观察能谱曲线及能峰漂移
- 合格：能峰漂移 $< 3\text{keV}$ (140keV)

能谱曲线

计数



能量 keV

视 野

➤ 国标:视野 (Field of View, FOV)

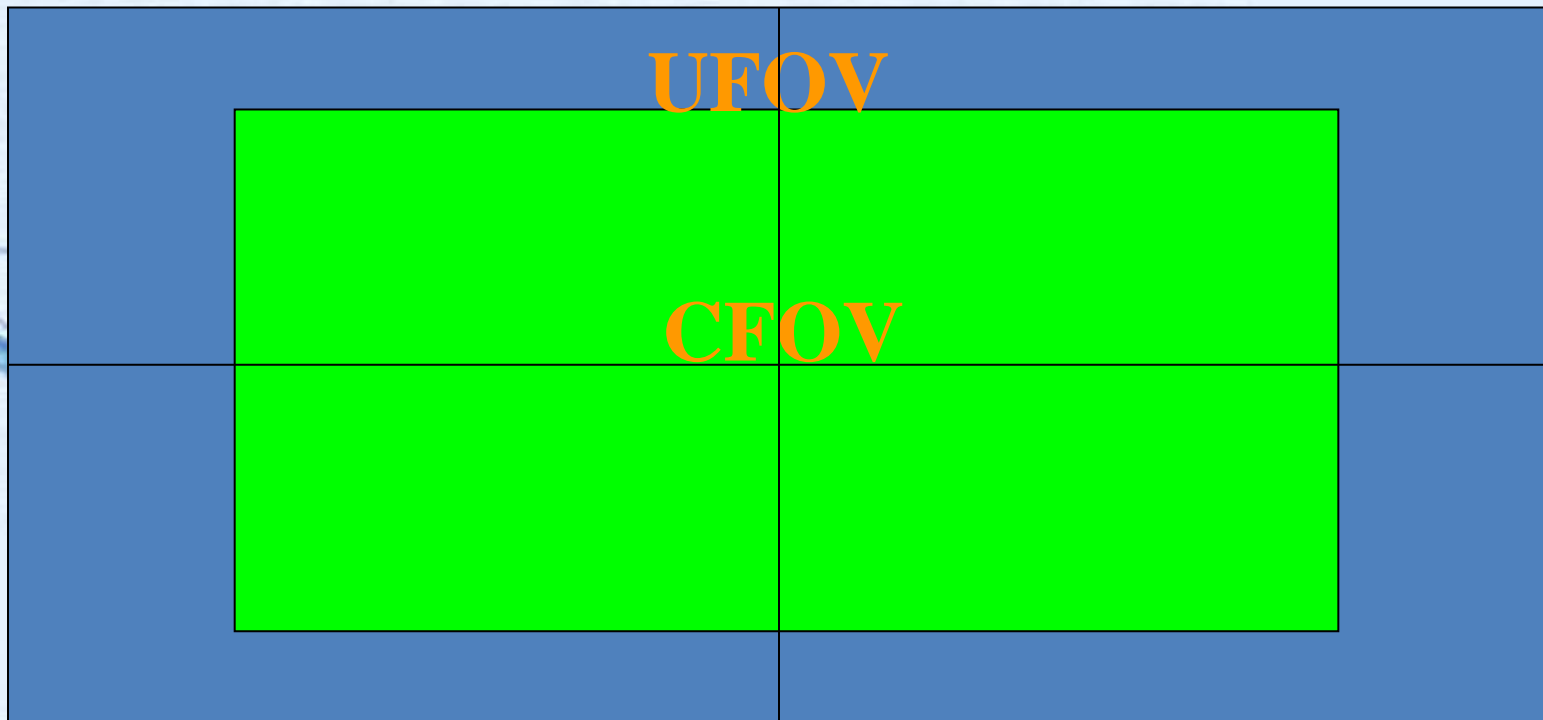
➤ NEMA:

有效视野 (Useful Field of View, UFOV)

中心视野 (Central Field of View, CFOV)

有效视野中心 面积的56% ($0.75 \times 0.75 = 0.5625$)

计算均匀性的视野



均匀性检测

- 目的：检测探头对均匀泛源分布的响应
- 条件：卸掉准直器，置点源于探头中心或
垂直中轴线上2m处
- 采集：静态采集：256x256矩阵，总计数30M
- 结果：按NEMA计算均匀性
- 合格：<4.5%



均匀性检测 (每周)

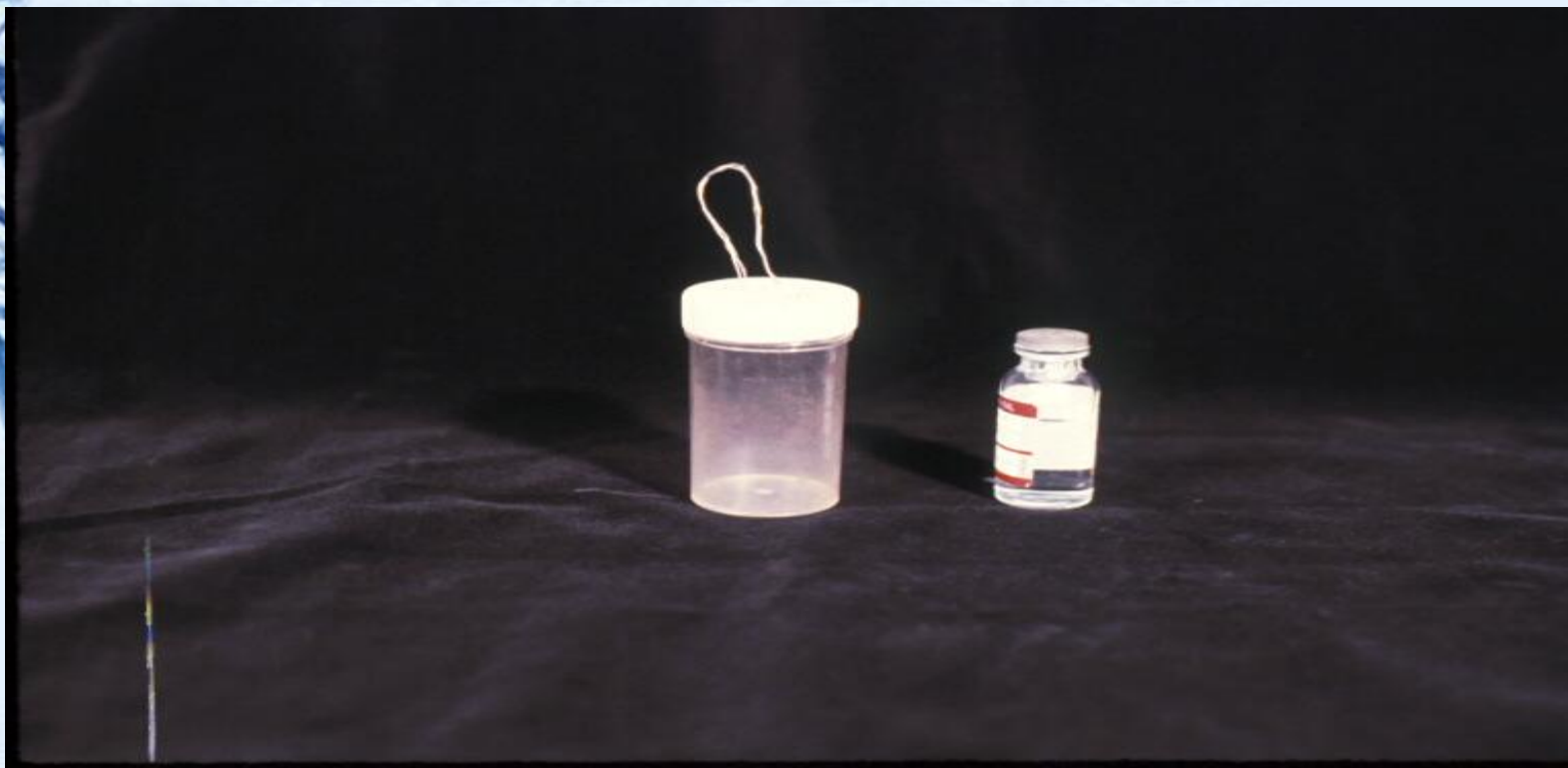
有效视野：固有积分均匀性

固有微分均匀性

中心视野：固有积分均匀性

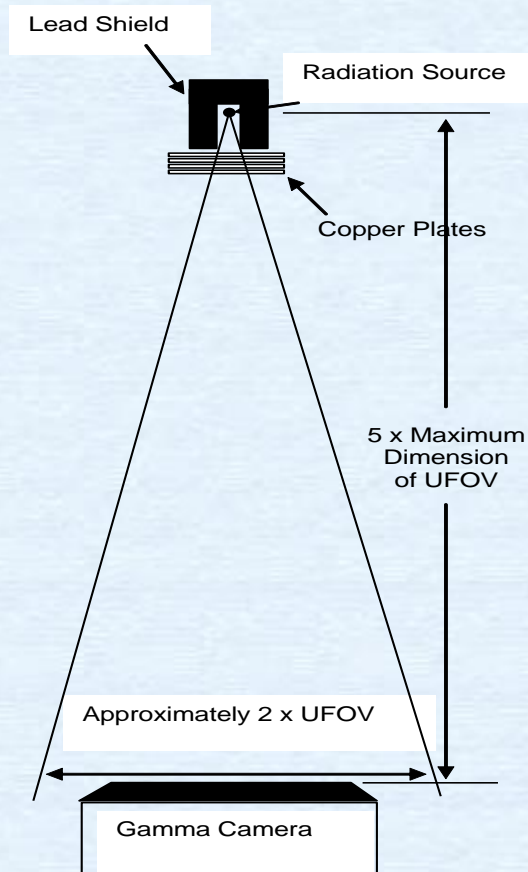
固有微分均匀性

点源



点源

- 用途：测量固有均匀性 固有能量分辨
固有空间分辨和空间线性
校正SPECT旋转中心
- 制作：自制
- 活度：500 μCi 左右，保证计数率 $< 20\text{k}/\text{秒}$



点源活度的计算

- 球的面积= $4 \pi r^2$
- 点源至探头的距离= $r=2\text{m}$
- 2m半径球的面积= $4 \times 3.14 \times 2^2 = 50.24\text{m}^2$
- 探头的面积= $0.5 \times 0.35 = 0.175\text{m}^2$
- 球面积/探头面积= $50.24 / 0.175 = 287$ 倍
- 点源活度为 $20\text{k} \times 287 = 5.74 \times 10^6$
- 换算成 $\mu\text{Ci} = 5.74 \times 10^6 / 3.7 \times 10^4 = 155\mu\text{Ci}$

均匀性的定义和表示方法

- 探头视野内计数分布的不均匀程度叫均匀性
- 积分均匀性:最大计数与最小计数之差的相对百分比, %

- $$U_I = \{ (C_{\max} - C_{\min}) / (C_{\max} + C_{\min}) \} \times 100\%$$

- 微分均匀性: 均匀性随距离和区域的变化

连续寻找x、y方向每5个象素单元最大值与最小值, 分别为

C'_{\max} , C'_{\min} , 计算其相对百分比并找出最大百分比值,

$U_d = \{ (C'_{\max} - C'_{\min}) / (C'_{\max} + C'_{\min}) \} \times 100\%$ 为微分均匀性

微分均匀性与积分均匀性的区别

有效视野积
分均匀性
 $\frac{100-60}{100+60}$
= 25 %

中心视野积
分均匀性
 $\frac{100-60}{100+60}$
= 25 %

100	88	75	69	69									
	68												
		75											
			82										
				85	100	79	60	68					
						83							
							74						
								89					
								90	95	80	75	60	

有效视野
微分均匀性
 $\frac{100-60}{100+60}$
< 25 %

中心视野
微分均匀性
 $\frac{100-60}{100+60}$
= 25 %



均匀性与临床的关系

- 泛源图像明显不均匀不能做任何临床采集
- 泛源图像无明显不均匀可做静态、动态和全身采集
- 断层采集不能只看泛源图像, 要求定量均匀性 $<1\sim 2\%$
- 探头均匀性不好可造成假阳性或假阴性
- 脏器(如心脏) 显像某部位所有病人计数都低下,
应怀疑探头均匀性有问题
- 断层图像均匀性比平面图像均匀性差

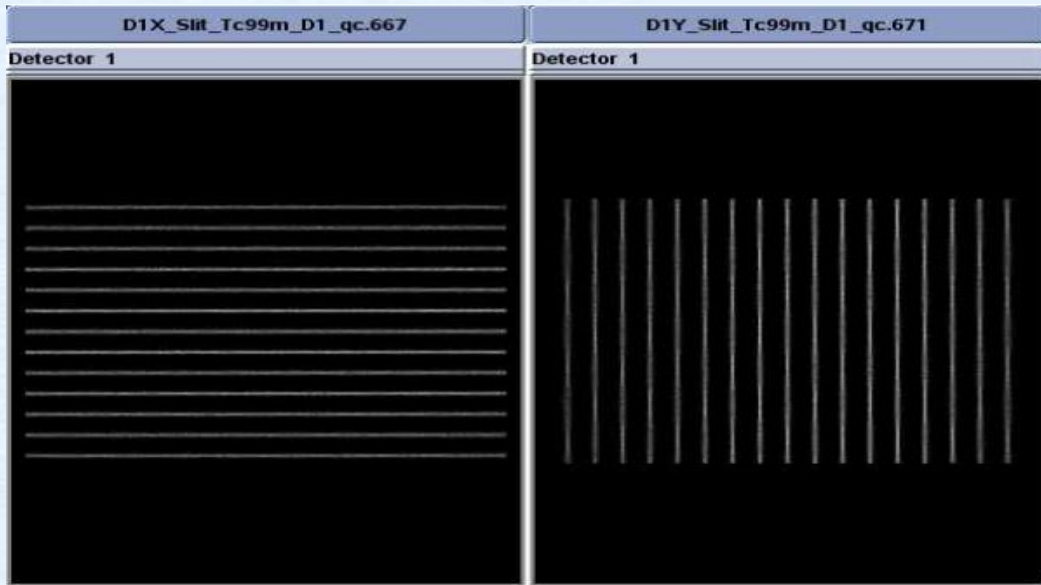


固有空间分辨力测定

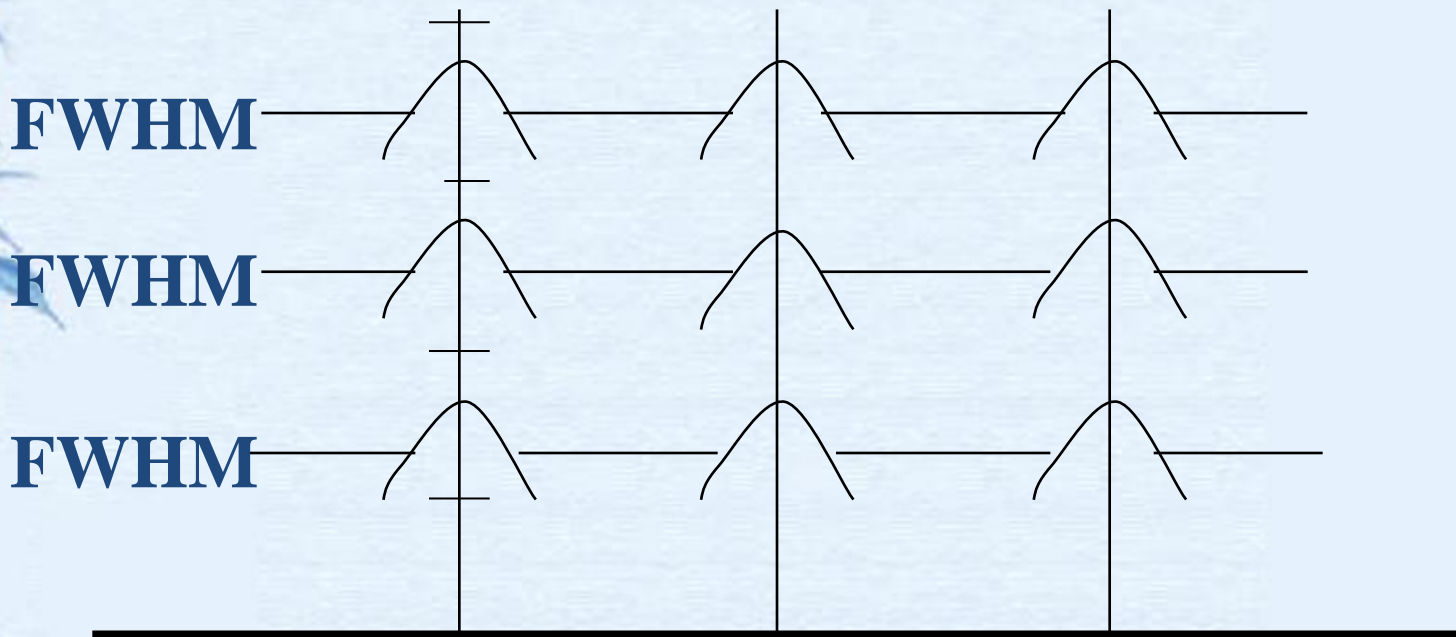
- 目的：测定探头分辨两个点源的能力
- 条件：不带准直器，放上空间分辨力测定模体，
点源与均匀性测定相同
- 采集：静态采集：512x512 矩阵，总计数30M
- 结果：四象限铅栅模体图像和FWHM (mm)
- 合格：FWHM < 4.5mm

固有空间分辨力——NEMA

- NEMA
 - 狭缝模体 (SLIT模模体)
 - 线扩展函数的半高宽FWHM
 - 程序自动给出结果



线源-点源半高宽 (FWHM)



线槽模型空间分辨力的测试

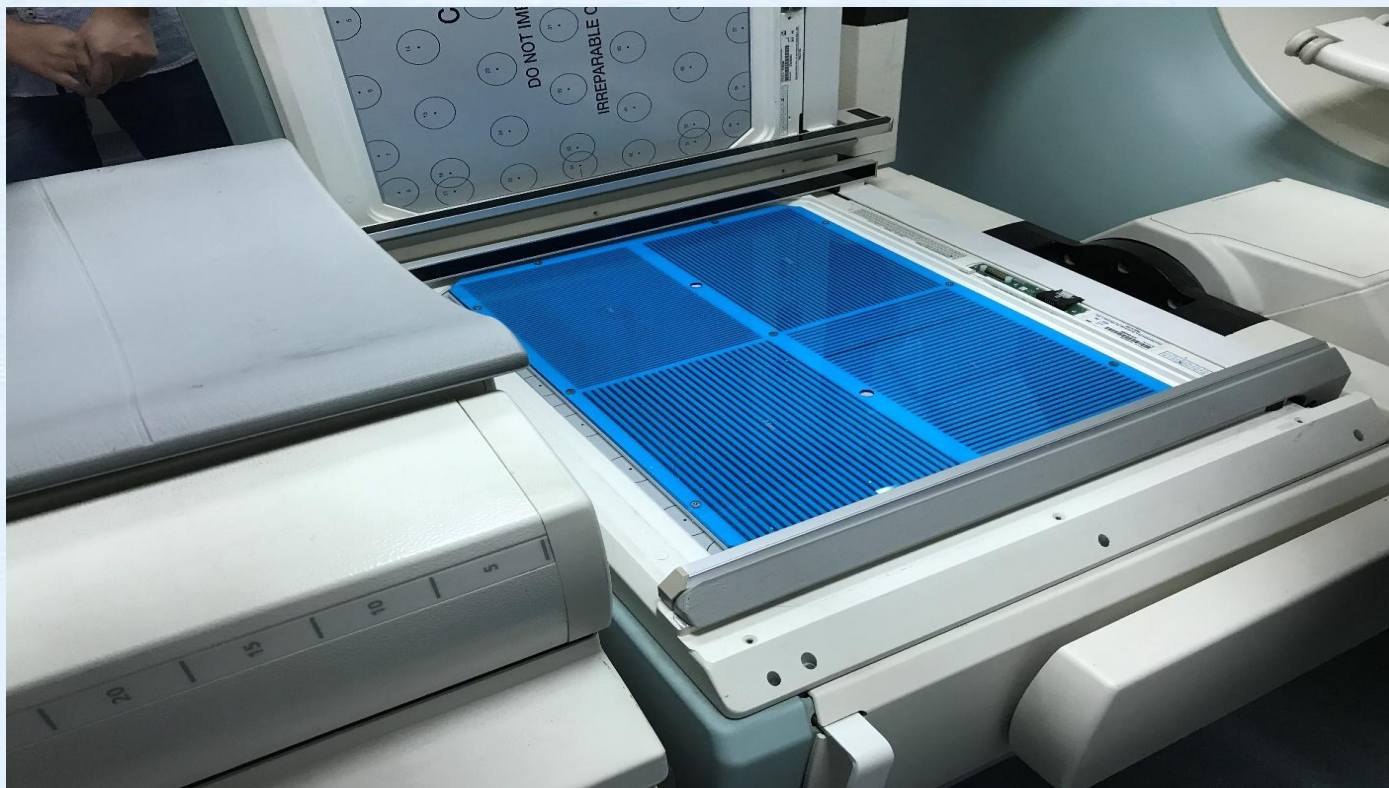
- SLIT线槽模型、点源
- 点源线槽模型图像——若干线源图像
- 线源每3mm为一段，形成若干点源
- 计算每个点源伸展函数的半高宽 FWHM_i
- 空间分辨力为FWHM的以下值：

空间分辨力平均值 S_{mean}

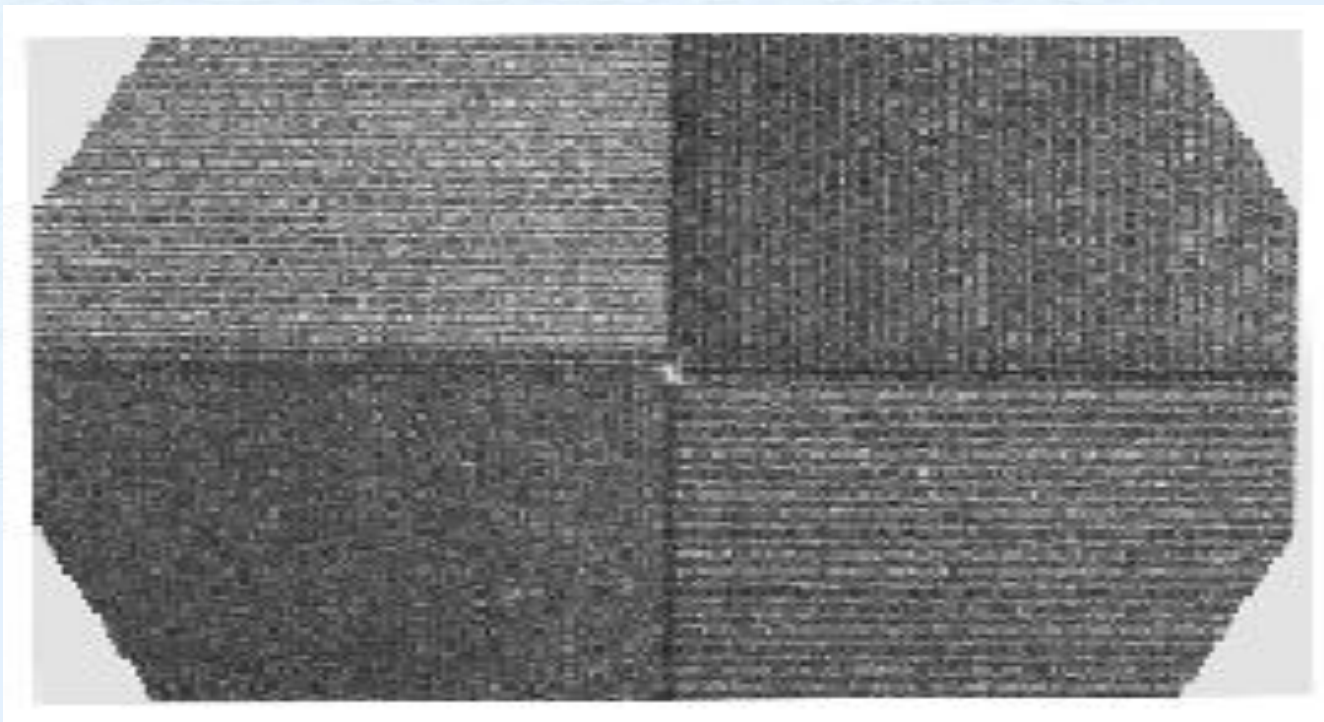
空间分辨力最大值 $S_{R \text{ max}}$

空间份分力最小值 $S_{R \text{ min}}$

四象限铅栅模体



Quadrant Bar Phantom Image



四象限铅栅模体空间分辨力测量

- 标准：国标，参考IAEA推荐标准
- 目的：测定探头固有空间分辨力
- 条件：四象限铅栅模体加点源
- 采集：临床条件，静态采集。512 x512 矩阵, 总计数:20M
- 结果：四象限铅栅模体图像，分辨最小的铅栅R (mm)

$$\text{FWHM}=1.75 \times R$$

空间分辨力与临床的关系

- 探头空间分辨力越好, 分辨的病灶越小
- 空间分辨力有许多表示方法, 不同方法, 数值不同:
 - (1) 模型插件圆柱或铅栅大小, mm
 - (2) 点响应函数半高宽 (FWHM), mm
 - (3) 病灶大小, mm
- 每种表示法大约差2倍
- SPECT断层采集, 应选高空间分辨力的准直器

平面源灵敏度 (Sensitivity)

- 目的：测定探头带准直器时的探测效率
- 条件：带准直器，直平面源于探头上，距离10cm
- 采集：静态采集：256x256矩阵，采集5min
- 结果：采集3次取平均值，用 $S^{-1}MBq^{-1}$ 表示
- 合格： $>60 S^{-1}MBq^{-1}$

灵敏度 (Sensitivity)



- 核医学的生物灵敏度高, 机器灵敏度低
- 生物灵敏度: 每克生物物质产生的活度, B_q/g

活度 $A = \lambda N^A = 0.693 \times 6.02 \times 10^{23} / T_{1/2}$ (单位为 Mol, S, B_q)

$^{99m}T_c$: $1.9 \times 10^{17} B_q/g = 1.9 \times 10^5 B_q/pg \approx 5mCi/ng$

^{18}F : $3.5 \times 10^{18} B_q/g = 3.5 \times 10^4 B_q/pg \approx 1mCi/ng$

- 机器灵敏度: 单位活度产生的计数, cps/MBq

PET $\approx 1\%$,

DHC $\approx 0.1\%$

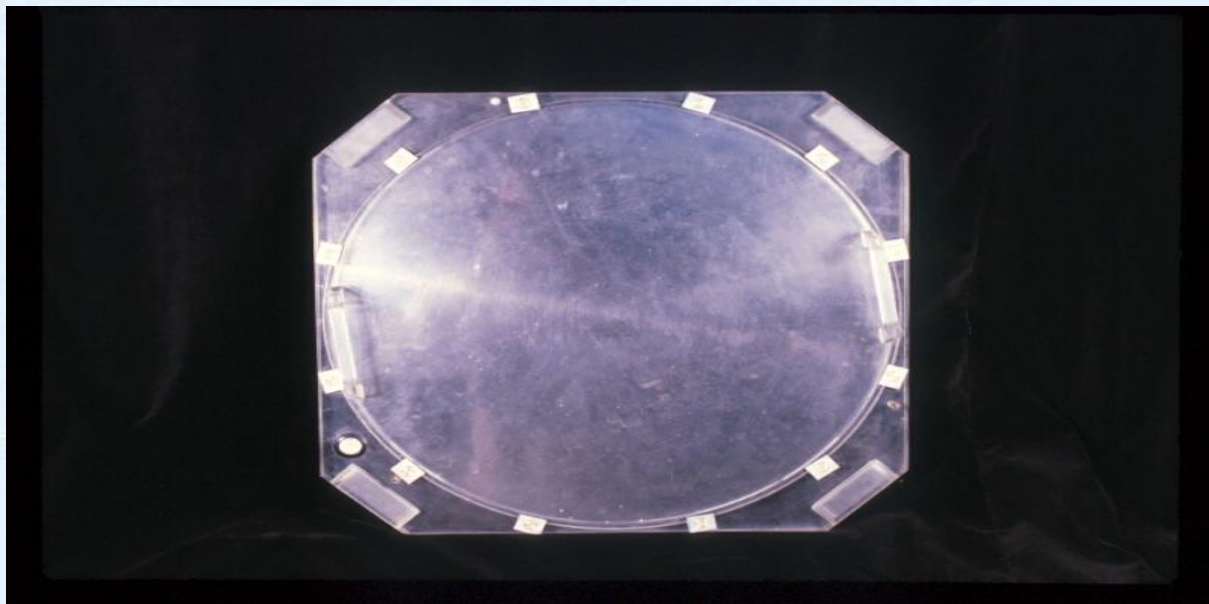
SPECT $\approx 0.01\%$ (低能高分辨 准置器)

$200cpm/\mu Ci = 200 / (60 \times 3.7 \times 10^4) = 200 / 2.2 \times 10^6 \approx 0.01\%$

灵敏度的测量

- 模型：平面源模型（15cm x 15cm x 3cm）
- 条件：带准直器并注明准直器的型号、规格和能量
- 放射源：不同能量的准直器用不同的放射源
- 低能用Tc-99m，高能用I-131，超高能用F-18
- 采集条件：平面源模型 距准直器中心表面 10 cm
- 256x256矩阵，采集5分钟，采集3次取平均。

小面源 的用途



面源大小:15cm x 15cm x 3cm



灵敏度与临床的关系

- 灵敏度与准直器关系大，使用之前一定要测灵敏度
- 灵敏度与空间分辨矛盾，两者之间应先考虑灵敏度
- 使用双核素显像，应选用高能核素的准直器，
同时测量两种核素的灵敏度，以此为注射剂量的依据
- 核医学显像生物灵敏度高，机器探测灵敏度低
- 灵敏度：PET 1%，SPECT/PET 0.1%，SPECT 0.01%。



模型图像质量分析

- 分辨最小的圆柱或圆球的直径，mm
- 分辨最小的圆柱或圆球的形状
- 图像对比度(热球和冷球对比度)，%
- 图像本底变异系数
- 无伪影



中华医学会核医学分会
技术与继续教育学组

Thank You!

Cancer Hospital of CAMS & PUMC

中华医学会核医学分会第十一届委员会 技术与继续教育学组成员名单

组 长	姚稚明、缪蔚冰
副组长	王茜、范岩、刘纯
传媒管理	林端瑜、余飞
秘 书	李旭、郑山
委 员	陈亮、杨治平、肖茜、李梦春、郑堃、李从心、王闯、程兵、黄斌豪、邓群力、袁梦晖、边艳珠、李忠原、黄占文、张卫方、李凤岐、褚玉、潘建英、程祝忠、梅丽努尔·阿布都热西提、肖欢、耿建华、武兆忠、杨吉琴、农天雷、徐微娜、苏莉、江勇、董萍、黄谋清、马宏星、向阳